

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-337084

(43)Date of publication of application : 18.12.1998

(51)Int.Cl.

H02P 7/05

G05B 9/02

H02M 7/48

H02P 7/00

(21)Application number : 09-142746

(71)Applicant : AISIN SEIKI CO LTD

(22)Date of filing : 30.05.1997

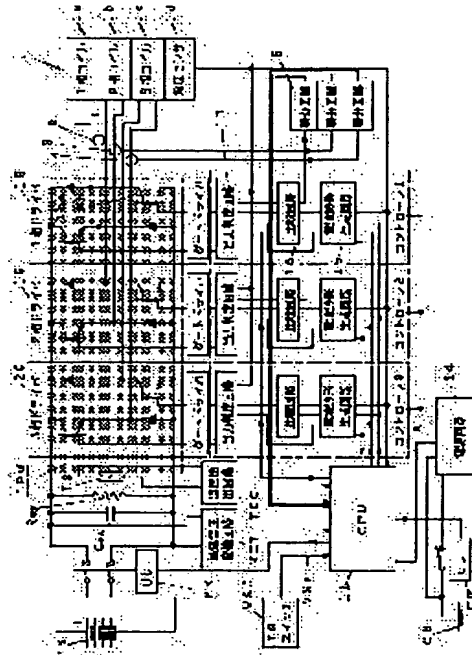
(72)Inventor : UMEMURA CHIAKI
SUGIYAMA MASANORI

(54) OVERHEAT PROTECTOR FOR SWITCHING MODULE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent thermal breakdown of a switching element module for causing a load current to flow, by estimating the temperature of a switching element with precision higher than inside temperature estimation, based only on module temperature measurement by a temperature sensor.

SOLUTION: Temperature changing speeds, corresponding to each phase current value flowing in each phase coil 1a-1c of an electric motor 1, of the switching elements 18a, 18b in a switching module IPM are computed by the temperature estimating means of a CPU 11, and estimated temperature values of switching elements for each phase in the switching module IPM are computed on the basis of those individual computed values and a temperature detected by a temperature sensor TS. On the basis of the estimated temperature values, a target current value of each controller 1-3 for controlling the value of a current flowing in each phase coil of the electric motor 1 is corrected by the conduction controlling means of the CPU 11. Consequently, it becomes possible to evade thermal breakdown of the switching elements 18a, 18b surely.



【特許請求の範囲】

【請求項1】 負荷に通電するスイッチングモジュールの温度を検出する温度検出手段；スイッチングモジュール内のスイッチング素子の、負荷に通電する電流値に対応した温度変化速度を算出し、算出値と検出温度に基づいてスイッチングモジュールの内部温度の推定値を算出する温度推定手段；および、温度推定手段の推定値に基づいて、前記スイッチング素子の通電電流値を制御する電流制御手段の目標電流値を補正する通電制限手段；を備える、スイッチングモジュールの過熱保護装置。

【請求項2】 負荷電流又は負荷への通電指令電流を検出する電流検出手段；を備え、前記温度推定手段は、電流検出手段が検出した電流値に対応した、電流値が高いと正高値、低いと負低値の温度変化速度を算出する、請求項1記載の、スイッチングモジュールの過熱保護装置。

【請求項3】 電気モータの各相コイルに通電するスイッチングモジュールの温度を検出する温度検出手段；スイッチングモジュール内のスイッチング素子の、電気モータの各相コイルに通電する各相電流値に対応した温度変化速度を算出し、算出値と検出温度に基づいてスイッチングモジュールの内部の各相別のスイッチング素子の温度推定値を算出する温度推定手段；および、前記温度推定値に基づいて、前記電気モータの各相コイルの通電電流値を制御する電流制御手段の目標電流値を補正する通電制限手段；を備える、スイッチングモジュールの過熱保護装置。

【請求項4】 前記温度推定手段は、各相別のスイッチング素子の温度推定値の最高値を代表温度に定め；前記通電制限手段は、代表温度に基づいて、前記電気モータの各相コイルの通電電流値を制御する電流制御手段の目標電流値を補正する；請求項3記載の、スイッチングモジュールの過熱保護装置。

【請求項5】 電気モータの各相コイルの電流又は各相コイルへの通電指令電流を検出する電流検出手段；を備え、前記温度推定手段は、電流検出手段が検出した各相電流値に対応した、電流値が高いと正高値、低いと負低値の温度変化速度を算出する、請求項3記載の、スイッチングモジュールの過熱保護装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、負荷に通電するスイッチングモジュールの過熱保護に関し、特に、これに限定する意図ではないが、電気モータの各相コイルにチョッピング通電するスイッチング素子モジュールの内部素子の過熱保護に関する。

【0002】

【従来の技術】 例えば、スイッチドレラクタンスモータ（以下、SRモータと言う）に通電するスイッチング回路を説明する。スイッチドレラクタンスモータは、一般

に極部が外側に突出する形で構成された回転子と、極部が内側に突出する形で構成された固定子とを備えており、回転子は単に鉄板を積層して構成した鉄心であり、固定子は極毎に集中巻されたコイルを備えている。このSRモータは、固定子の各極が電磁石として動作し、回転子の各極部を固定子の磁力で吸引することによって回転子が回転する。従って、回転子の各極の回転位置に応じて、固定子の各極に巻回されたコイルの通電状態を順次に切換えることによって、回転子を希望する方向に回転させることができる。この種のSRモータは、例えば、特開平1-298940号公報に開示されている。

【0003】 SRモータにおいては、回転子の各極が特定の回転位置にある時に、固定子各極に対する通電のオン/オフを切換える。前記特開平1-298940号公報の技術においては、立上り及び立下りの緩やかな回転位置信号を生成し、この回転位置信号を利用して、電気コイルの通電オン時の電流の立上り及び通電オフ時の電流の立下りを緩やかにすることが行なわれている。特開平7-274569号公報、特開平7-298669号公報および特開平8-172793号公報には、通電の立上り及び立下りを滑らかにするために、H型スイッチング回路を用いてPWMによりモータ通電電流を制御し、かつ、回転トルクの不足を改善するために、スイッチングモードを制御している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 例えば上述のSRモータを用いる電気自動車のSRモータ駆動システムは、各相コイルに通電するスイッチング素子およびゲートドライバを含む各相ドライバ（3相の場合3組）、各相宛ての、相間で位相差がある通電電流パターン（時系列電流値分布）を生成しこのパターンに従った各相電流を各相コイルに通電するために、各相ドライバの通電を制御する各相電流コントローラ、および、モータ駆動指令およびトルク指令に応じた各相目標電流値を生成し各相電流コントローラに与えるシステムコントローラを備える。各相コイルに通電するスイッチング素子（3組）はモジュール化されており、スイッチング素子の熱破壊を防ぐために、スイッチング素子モジュールには温度センサが装着されており、この検出温度が設定値以上になると、ゲートドライバへのオン指示信号を遮断するゲート信号遮断回路が、各相ドライバに備わっている。また、各相コイルの電流値を検出する電流センサおよび過電流検出回路も備えられ、コイル電流値が過電流になると、ゲート信号遮断回路に遮断指示信号が与えられ、全相コイルの通電が止められる。

【0005】 ところが、温度センサはモジュール内のスイッチング素子から離れた位置にあり、スイッチング素子が発生した熱が温度センサに伝播するには時間がかかり、素子の発熱量が多い大電流通電時や低回転時（各相の通電時間が長い）には、温度センサの検出温度はしき

い値よりも低いにもかかわらず、素子温度はしきい値を越える限界温度に到達してしまい、検出温度対応でゲート信号遮断回路がゲートオフするまでにスイッチング素子が破壊するおそれがある。これを回避するためにゲート信号遮断回路を起動する温度しきい値を低く設定すると、モータ駆動に支障を来す。

【0006】本発明は、負荷通電用スイッチング素子モジュールの熱破壊を防止することを第1の目的とし、これと共に、必要とされる負荷通電は可及的に確保することを第2の目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

(1) 本発明の過熱保護装置は、負荷(1)に通電するスイッチングモジュール(IPM)の温度(INVT)を検出する温度検出手段(TS, TDC)；スイッチングモジュール内のスイッチング素子(18a, 18b)の、負荷(1)に通電する電流値に対応した温度変化速度(i_{t1})を算出し、算出値(i_{t1})と検出温度(INVT)に基づいてスイッチングモジュールの内部温度の推定値(IGBT)を算出する温度推定手段(11)；および、温度推定手段(11)の推定値(IGBT)に基づいて、前記スイッチング素子(18a, 18b)の通電電流値を制御する電流制御手段(コントローラ1)の目標電流値を補正する通電制限手段(11)；を備える。なお、理解を容易にするためにカッコ内には、図面に示し後述する実施例の対応要素の記号を、参考までに付記した。

【0008】これによれば、温度センサによるモジュール温度測定のみに基づく内部温度推定よりも高い精度でスイッチング素子の温度が推定されるので、従来よりも過熱保護の信頼性が高い。通電制限手段(11)が、スイッチングモジュールの内部温度の推定値(IGBT)に基づいて負荷通電のための目標電流値を補正するので、例えば、推定値(IGBT)がスイッチング素子の限界温度に近づくにつれて目標電流値の低減率を高くして行く補正、あるいは推定値(IGBT)がしきい値に到達すると目標電流値を零(ゲートオフ)にする補正などにより、負荷通電は可及的に確保ししかもスイッチング素子の熱破壊は確実に回避することができる。

【0009】

【発明の実施の形態】

(2) 負荷電流又は負荷への通電指令電流を検出する電流検出手段(2, 5)；を備え、前記温度推定手段(11)は、電流検出手段(2, 5)が検出した電流値(WC1)に対応した、電流値が高いと正高値、低いと負低値の温度変化速度(i_{t1})を算出する。スイッチング素子は通電により発熱する一方、モジュールの熱放散により放熱する。スイッチング素子の発熱量は通電電流値により、放熱量はスイッチング素子／モジュール基体間の温度差に比例する。発熱量－放熱量が正のときは素子の温度が上昇し、負のときは低下する。電流値が高いと発熱量－放熱量が正(温度上昇)、電流値が低いと負(温度低下)となる。これ

に従って電流検出手段(2, 5)が温度変化速度(i_{t1})を算出するので、スイッチングモジュールの内部温度の推定値(IGBT)の信頼性が高い。

【0010】(3) 電気モータ(1)の各相コイルに通電するスイッチングモジュール(IPM)の温度(INVT)を検出する温度検出手段(TS, TDC)；スイッチングモジュール内のスイッチング素子(18a, 18b)の、電気モータ(1)の各相コイル(1a~1b)に通電する各相電流値(WC1~3)に対応した温度変化速度(i_{t1} ~3)を算出し、算出値(i_{t1} ~3)と検出温度(INVT)に基づいてスイッチングモジュールの内部の各相別のスイッチング素子の温度推定値(IT1~3)を算出する温度推定手段(11)；および、前記温度推定値(IT1~3)に基づいて、前記電気モータ(1)の各相コイルの通電電流値を制御する電流制御手段(コントローラ1~3)の目標電流値を補正する通電制限手段(11)；を備える、スイッチングモジュールの過熱保護装置。

【0011】これによれば、スイッチングモジュールの内部の各相別のスイッチング素子の温度推定値(IT1~3)が算出されるので、温度推定値の信頼性が高く、したがってモータドライバのスイッチング素子の過熱保護およびモータ駆動の信頼性が高い。

【0012】(4) 前記温度推定手段(11)は、各相別のスイッチング素子の温度推定値(IT1~3)の最高値を代表温度(IGBT)に定め；前記通電制限手段(11)は、代表温度(IGBT)に基づいて、前記電気モータ(1)の各相コイルの通電電流値を制御する電流制御手段(コントローラ1~3)の目標電流値を補正する。各相別のスイッチング素子の温度推定値(IT1~3)の最高値に基づいてモータ電流が制御されるので、モータドライバの過熱保護の信頼性が高い。

【0013】(5) 電気モータ(1)の各相コイル(1a~1c)の電流を検出する電流検出手段(2~4, 5)；を備え、前記温度推定手段(11)は、電流検出手段(2~4, 5)が検出した各相電流値(WC1~3)に対応した、電流値が高いと正高値、低いと負低値の温度変化速度(i_{t1} ~3)を算出する。電流検出手段(2, 5)が、スイッチング素子の昇温、降温対応で温度変化速度(i_{t1})を算出するので、モータドライバのスイッチングモジュールの内部温度の推定値(IGBT)の信頼性が高い。

【0014】本発明の他の目的および特徴は、図面を参照した以下の実施例の説明より明らかになる。

【0015】

【実施例】本発明の一実施例を図1に示す。図1に示す装置は、車輪駆動用の内燃機関と車輪駆動用のスイッチドレラクタンスモータ1(以下SRモータ)を搭載したハイブリッド電気自動車の、電気モータ系駆動ユニットの主要部分を構成している。この例では、電動駆動源として1個のSRモータ1が備わっており、このSRモータ1は、電動システムコントローラのCPU11によって制御される。システムコントローラの入出力インター

フェース（図示略）を介して、シフトレバースイッチ、ブレーキスイッチ、アクセルスイッチ、及びアクセル開度センサの状態信号および開度信号がCPU11に入力され、CPU11はこれらの情報に基づいて、SRモータ1の駆動を制御する。

【0016】SRモータ1には、それを駆動するための3相のコイル1a、1b、1cおよび回転子の回転位置（角度）を検出する角度センサ1dが備わっている。3相のコイル1a、1b及び1cは、それぞれ、モータドライバ18、19及び1Aと接続されており、コイル1aとドライバ18とを接続する電線、コイル1bとドライバ19とを接続する電線、及びコイル1cとドライバ1Aとを接続する電線には、それぞれ、電流センサ2、3及び4が設置されている。これらの電流センサ2、3及び4は、それぞれ、コイル1a、1b及び1cに実際に流れる電流に比例する電圧を電流信号として、比較回路16（3個）および積分回路5（3個）に出力する。この電流信号は、略瞬時値に相当する、短い平滑化時定数でノイズ処理されたものである。積分回路5は、各コイルの電流値の時系列平均値を表わすアナログ電圧を発生しCPU11のA/D変換ポートに与える。積分回路5の平滑化時定数は長い。

【0017】CPU11は、電流コントローラ1～3のそれぞれに通電指令（目標電流値）を与える。電流コントローラ1、2および3は、それぞれモータドライバ18、19および20を介して、電気モータ1の第1相電気コイル1a、第2相電気コイル1bおよび第3相電気コイル1cの通電電流を制御するものである。

【0018】電流コントローラ1には、電流波形生成回路15、比較回路16および出力判定回路17が備わっている。電流コントローラ2および3の構成と機能も、電流コントローラ1と同一である。

【0019】車両上の電気モータ駆動用直流電源であるバッテリーPBの電気は288V前後の高圧であり、駆動電源リレーPRがオンするとモータドライバ給電ラインにバッテリーPBの電圧が加わる。該給電ラインには、リップル吸収用のコンデンサCapおよび抵抗Resが接続されている。モータ駆動電流が数百Aと高いため、コンデンサCapの容量は8100 μ F程度であり大きい。しかし抵抗Resの値は、電力消費低減のため高い値であり、コンデンサCapと抵抗Resとの並列回路の放電時定数はかなり大きい。したがって、モータドライバ18、19、20をすべてオフとした状態で駆動電源リレーPRをオフにすると、コンデンサCapの電圧（モータドライバ給電ラインの電圧）は長期に高い値を維持する。この電圧を短時間に放電するために、後述するように、駆動電源リレーPRをオフにした後、システムコントローラのCPU11が電流コントローラ1～3に通電を指示して、モータドライバ18、19、20を導通にして、コンデンサCapの電荷を、SRモータ1

の電気コイル1a～1cに放電させる。

【0020】駆動電源回路とは別に、制御電源用バッテリーCBおよび制御電源回路14も備わっている。電源回路14には、バッテリーに直接に接続されて定電圧を常時CPU11に印加する、電力消費が極く少ない定電圧回路と、制御電源リレーCRのオンによってバッテリーCBに接続されて電流コントローラ1～3、モータドライバ18、19、20（の制御電圧ライン）ならびに各検出器および検出回路に制御用定電圧を与える、比較的電力消費が大きい定電圧回路が備わっている。

【0021】CPU11には、制御電源リレーCRのオン／オフにかかわらず常に動作電圧が与えられる。CPU11は、車両上のイグニッションキースイッチVSCのオン／オフを表わす車上電源投入信号VSSに应答して、該信号VSSが、キースイッチVSCのオフを示す低レベルLから、オンを示す高レベルHに切換わると、制御電源リレーCRをオンにし、そして駆動電源リレーPRをオンにする。車上電源投入信号VSSがH（VSCオン）からL（VSCオフ）に切換わると、駆動電源リレーPRをオフにし、そして、絶縁電圧変換回路VCTの出力電圧を、デジタル変換して読込みそれが設定値以上であると電流コントローラ1～3に通電を指示する。絶縁電圧変換回路VCTの出力電圧が設定値未満になると、通電を停止して、制御電源リレーCRをオフにする。

【0022】絶縁電圧変換回路VCTは、ノコギリ波発生回路、コンデンサCapの電圧を分圧する分圧抵抗回路、該分圧電圧をノコギリ波と比較してPWMパルス（のデューティ比）に変換する比較回路、PWMパルスを絶縁伝送するフォトカプラおよび絶縁伝送されたパルスを、アナログ電圧に変換するパルス幅／電圧変換回路を含み、パルス幅／電圧変換回路が発生するアナログ電圧を、CPU11のA/D変換入力ポートに与える。CPU11は、リレーPRがオンのときには、駆動電源電圧情報が必要ときあるいは所定周期で、回路VCTの出力アナログ電圧をA/D変換して読込む。リレーPRをオフにすると、該アナログ電圧を繰返しA/D変換して読込み、読込み電圧値が設定値未満になるまで、SRモータ1への通電を、電流コントローラ1～3に指示する。

【0023】システムコントローラのCPU11は、電気モータ1の定常駆動時（駆動電源リレーPRオン中）には、シフトレバー、ブレーキスイッチ、アクセルスイッチ、及びアクセル開度センサから入力される情報に基づいて、SRモータ1の所要回転方向、駆動速度及び駆動トルクを逐次計算し、その計算の結果に基づいて、SRモータ1のコイル1a、1b及び1cの各々に流す電流を制御する。

【0024】角速度センサ1dは、0～360度の角度の絶対値を示す11ビットの2値信号を出力する。検出

角度の最小分解能は0.5度である。CPU11は、角度センサ1dが出力する信号の下位2ビットに基づいて、SRモータ1の回転子の回転方向（時計方向CW／反時計方向CCW）を検出しており、CWのときH

（1）、CCWのときL（0）の方向検出信号S11を発生しこれをレジスタに保持すると共に、出力判定回路17に与える。

【0025】SRモータ2の第1相の電気コイル1aの一端は、スイッチングトランジスタ（IGBT）18aを介して電源の高電位ラインと接続され、コイル1aの他端は、スイッチングトランジスタ（IGBT）18bを介して電源の低電位ラインと接続されている。また、トランジスタ18aのエミッタと低電位ラインとの間にはダイオードが接続され、トランジスタ18bのエミッタと高電位ラインとの間にもダイオードが接続されている。従って、トランジスタ18a及び18bの両方をオン（導通状態）にすれば、コイル1aに駆動電流が流れ、いずれか一方、又は両方をオフ（非導通状態）にすれば、コイル1aへの給電を停止することができる。

【0026】CPU11は、シフトレバー、ブレーキスイッチ、アクセルスイッチ、及びアクセル開度センサから入力される情報に基づいて、CPU11が決定したSRモータ1の所要回転方向と、CPU11自身が判定し*

第1表

場合分け	Tr 18a	Tr 18b
① $Vs6 \leq Vr1$	オン	オン
② $Vr1 < Vs6 \leq Vr2$	オフ	オン
③ $Vr1 < Vs6 \leq Vr2$	オフ	オフ
④ $Vs6 > Vr2$	オフ	オフ。

【0030】①と④を交互に繰返す態様がハードチョッピング、①と②を交互に繰返す態様がソフトチョッピングである。上記③の、 $Vr1 < Vs6 \leq Vr2$ の場合は、本来は②の場合と同様に18aオフ、18bオンの状態にされるものであるが、電気モータ1の回転子の回転方向が指定方向とは逆であるため、トランジスタ18a、18bの破壊を防ぐために、18aオフかつ18bオフに変更されたものである。

【0031】上述のように、トランジスタ18a、18bが共にオンする状態と、共にオフする状態と、一方がオンして他方がオフする状態とが存在し、いずれの状態になるかは、電流センサ2の電流信号の電圧Vs6のレベルが、Vr1より小、Vr1とVr2との間、Vr2より大の3種類の領域のいずれであるかと、Vr1とVr2との間にあるときには、モータの回転子の回転方向が指定方向と同一か否か、によって定まる。

【0032】相通電指示信号S5が低レベルL（第1相非通電指示）である時には、比較回路16が出力する信号S71、S72の状態とは無関係に、トランジスタ18a、18bは共にオフになる。

*ている実回転方向が合致するとき、すなわちモータの回転子が、指定方向と同じ方向に回転しているときH（ソフトチョッピング可を意味する）、逆方向に回転しているときL（ソフトチョッピング禁止＝ハードチョッピング指定）のモード指定信号S5を、出力判定回路17に与える。

【0027】出力判定回路17は、電流波形生成回路15が出力する第1の基準電圧Vr1と電流センサ2の電流信号の電圧とを比較した結果を2値信号S71として、トランジスタ18a宛てでゲートドライバに出力し、また、電流波形生成回路15が出力する第2の基準電圧Vr2と電流センサ2の電流信号の電圧とを比較した結果を2値信号S72として、トランジスタ18b宛てでゲートドライバに出力する。この実施例では、常に $Vr1 < Vr2$ の関係が成立する。

【0028】電流波形生成回路15が与える信号S5が高レベルH（第1相通電指定のときH）であると、電流センサ2の電流信号の電圧Vs6と基準電圧Vr1及びVr2の大小関係に応じて、次に示すように、ドライバ18のトランジスタ18a、18bの状態が3種類のいずれかに設定される。

【0029】

【0033】トランジスタ18a、18bを共にオンした時にコイル1aに流れる電流の立上り特性（上昇の速さ）は、回路の時定数によって定まり、制御により変えることはできない。しかし、電流を遮断する時には、トランジスタ18a、18bを共にオフする場合と、トランジスタ18aをオフに切換えてトランジスタ18bはオンのままとする場合とで、電流の立下り特性（下降の速さ）が変わるので、それを切換えて電流の立下りの速さを調整することができる。即ち、トランジスタ18a、18bを共にオフする場合には電流の変化が速く、トランジスタ18aをオフに切換えてトランジスタ18bはオンのままとする場合には電流の変化は遅い。

【0034】電流の目標値（Vr1、Vr2）にほとんど変化がない時には、電流の立下り速度が遅い場合でも、基準のレベル（Vr1）と実際に流れる電流のレベル（Vs6）との偏差が増大することはないので、常に $Vs6 < Vr2$ の状態が維持される。従ってこの時には、電流の変動幅が小さい。また、通電するコイルの相を切換える時のように、電流の目標値（Vr1、Vr2）が変更される時には、電流の立下り速度が遅いと、

$V_{s6} > V_{r2}$ になる。この場合、2つのトランジスタ18a, 18bが共にオフするので、電流の立下り速度が上がり、電流は目標値(V_{r1} , V_{r2})に追従してすばやく変化する。目標値の変化がなくなれば、基準電圧 V_{r1} と電流レベル V_{s6} との偏差が小さくなるので、再び電流の立下り速度が遅くなる。これによって、目標値の変化に対する電流の追従遅れが防止できただけでなく、目標値の変化が小さい時には、電流の変化速度が遅いため、振動及び騒音の発生が抑制される。

【0035】ところで、出力判定回路17が出力する前述の信号S71, S72によって電流の立下り速度を切換える場合には、それを切換えるタイミングとして最適な時点よりも実際の切換えが多少遅れる傾向がある。即ち、目標値が急激に低下する時点で、電流の立下りを速くするのが理想的であるが、実際に電流の偏差が大きくなりすぎると信号S72がLにならないので、時間的に遅れが生じる。このため、目標値が非常に速く変化する場合は、信号S71, S72による変化速度の自動切換えだけでは、目標値に対する電流の追従性が不足する可能性がある。

【0036】そこでこの実施例では、相通電指示信号S5を制御することにより、電流(V_{s6})の大きさは無関係に、電流の立下り速度を速くすることができる。即ち、信号S5を低レベルLにすると、信号S71, S72とは無関係に、トランジスタ18a, 18bが同時にオフするので、電流の立下り速度が速くなる。

【0037】電流波形生成回路15は、2種類の基準電圧 V_{r1} , V_{r2} と相通電指示信号S5を出力する。基準電圧 V_{r1} , V_{r2} 及び相通電指示S5は、それぞれ、回路15内の図示しないメモリ(RAM)15b, 15a及び15cに記憶された情報に基づいて生成される。メモリ15b, 15a及び15cは、各々のアドレスにそれぞれ8ビット、8ビット及び1ビットのデータを保持している。メモリ15aから読み出される8ビットデータは、回路15内の図示しないD/A変換器15eでアナログ電圧に変換され、回路15内の図示しない増幅器15gを通過して基準電圧 V_{r2} になる。同様に、メモリ15bから読み出される8ビットデータも、D/A変換器でアナログ電圧に変換され、増幅器を通過して基準電圧 V_{r1} になる。また、メモリ15cが出力する1

ビットデータは、相通電指示信号S5になる。

【0038】前述の図示しないメモリ15a, 15b及び15cは、それぞれ多数のアドレスを有しており、各々のアドレスは、回転子Rの回転位置(角度)の各々(1度単位)に対応付けられている。電流波形生成回路15のアドレスデコーダが、角度センサ1dによって検出された回転子の回転位置の信号から、アドレス情報を生成する。このアドレス情報が、3組のメモリ15a, 15b及び15cのアドレス入力端子に同時に入力される。従って、SRモータ1が回転する時には、メモリ1

5a, 15b及び15cは、各々回転子の回転位置に対応したアドレスに保持されたデータを順次に出し出す。従って、基準電圧 V_{r1} , V_{r2} 及び相通電指示信号S5の状態は、回転位置毎に変化する。

【0039】実際には、図6に示すような波形の電流を3相のコイルに流すために、メモリ15a及び15bには、通電マップの情報が保持される。即ち、回転位置(この例では0.5度毎)の各々に対応付けたアドレスに、その位置で設定すべき電流の目標値が保持される。メモリ15a及び15bの情報は、それぞれ基準電圧 V_{r2} 及び V_{r1} に対応しているため、 $V_{r2} > V_{r1}$ の関係を満たすように、メモリ15aの内容とメモリ15bの内容とは少し異なっている。前述のように、コイル1aに流れる電流のレベルは、基準電圧 V_{r1} に追従するように変化するので、コイル1aに流したい電流の波形を基準電圧 V_{r1} , V_{r2} としてメモリ15b及び15aに登録しておくことにより、図6に示すように電流を流すことができる。

【0040】この実施例では、3相のコイル1a, 1b及び1cに対する通電/非通電を、図6に示すように回転子が30度回転する毎に切換える必要があるが、図6に示すような波形をメモリ15b及び15aに登録しておくことにより、30度毎の通電/非通電の切換えも信号S71, S72によって自動的に実施される。即ち、各コイルの通電/非通電の切換えをCPU11が実施する必要はない。

【0041】また、メモリ15cについては、大部分のアドレスに相通電指示信号S5の高レベルHに対応する「1」の情報が保持されているが、電流の目標値(V_{r1} , V_{r2})が急激に低下する角度に対応するアドレスには、相通電指示信号S5の低レベルLに対応する「0」の情報(強制遮断情報)が保持されている。即ち、電流の目標値(V_{r1} , V_{r2})の波形の立下り開始時点のように、その下降の傾きが急峻であり、電流の変化速度を速くした方が良く、予め予想される回転位置では、信号S72による自動切換えを待つことなく、メモリ15cに記憶した情報によって信号S5を低レベルLに切換え、強制的に電流変化速度を速くする。これにより、電流変化速度の切換えに時間遅れが生じるのを避けることができ、目標値に対する電流の追従性が更に改善される。

【0042】メモリ15a, 15b及び15cは、書き込みと読み出しが可能であり、書き込みと読み出しを同時に実施しうる。メモリ15a, 15b及び15cは、信号線を介してCPU11と接続されており、CPU11は、必要に応じてメモリ15a, 15b及び15cの内容を更新する。

【0043】CPU11の動作の概略を図2および図3に示す。まず図2を参照すると、電源がオンする(パツ

わる) と、ステップ51で初期化を実行する。即ち、CPU11の内部メモリの初期化および内部タイマ、割込等のモードセットを実施した後、システムの診断を実施し、異常がなければ次の処理に進む。

【0044】ステップ52では、入力インターフェース12を介して、シフトレバー、ブレーキスイッチ、イグニションキースイッチVSC、アクセルスイッチ、アクセル開度センサのそれぞれが出力する信号の状態を読み取り、駆動電圧Vp(絶縁電圧変換回路VCTの出力アナログ電圧)を読み込み、状態データおよび電圧値データを内部メモリに保存する。

【0045】そして、ステップ53で、イグニションキースイッチVScのオン/オフ(信号VSSのH/L)をチェックし、それがオン(H)であると、ステップ54で、今回がオフからオンへの切り換えであるかを、レジスタFvscのデータ(すでにオン中であると1、オン中でないと0)を参照して判定する。今回がオフからオンへの切り換えであると判定すると、ステップ55、56で、状態データを参照して正常/異常のチェックをして、正常であると、制御電源リレーCRをオンにし、駆動電源リレーPRをオンにして、レジスタFvscに1を書込んで、レディランプを点灯する(ステップ57~60)。なお、以下においてカッコ内には、ステップという語を省略して、ステップ表示記号のみを記す。

【0046】次に、スイッチング素子モジュールIPMに付いている温度センサTSの検出温度信号(アナログ電圧)をデジタル変換して読み込む(61)。以下において、検出温度信号のデジタルデータが表わす値をINVTと表記する。次に読み込んだ検出温度INVTに1000(演算上の定数)乗算し、積を、各相ドライバ18, 19, 20のスイッチング素子宛てのレジスタ(個別温度レジスタ)IT1~IT3に書き込む。そして代表値レジスタIGBTに検出温度INVTを書き込む(62, 63)。なお、以下において個別温度レジスタIT1, IT2およびIT3の各データは、各相ドライバ18, 19および20のスイッチング素子の温度推定値と見なすが、データが表わす値の1/1000が°Cの単位と*

*なる。代表値レジスタIGBTのデータは、各相ドライバ18, 19および20のスイッチング素子の各推定温度群(3個)の代表値と見なすが、データの表わす値はそのまま°Cの単位である。

【0047】次に200msec時限の200msecタイマをスタートして(64)、このタイマのタイムオーバに連動する割込列理を許可する(65)。

【0048】ここでこの割込処理の内容を図4を参照して説明する。200msecタイマがタイムオーバするとCPU11は、200msecタイマを再スタートし(91)、温度センサTSの温度信号を読み込み、かつ、積分回路5の各相電流の時系列平均値を表わす信号(アナログ電圧)をデジタル変換して読み込む(92)。以下において、これように読み込んだ相電流値データを単に相電流値TW1~TW3と表現する。次に、相電流値TW1~TW3に対応する温度変化量(200msecの間の温度変化量すなわち温度変化速度)it1~it3を算出する(93)。この内容を図5に示す。

【0049】図5を参照するとここではまず、第1相コイルのトランジスタ18a, 18b宛ての、温度変化量it1の算出を、第1電流センサ2の異常チェックと合せて行なう(931)。すなわち、まず、第1相電流値TW1が、CPU11が電流波形生成回路15に与えている第1相目標電流値に相当する値であるかをチェックし(931a)、かけ離れていると、第1相電流異常データを格納するためのレジスタFDE1に「1」(異常)を書込み(931e)、温度変化量it1を0に定める(931f)。そしてこの場合には、「it2の算出」(932)に進む。

【0050】第1相電流値TW1が第1相目標電流値相当値であったときには、レジスタFDE1をクリアして(931b)、第1相電流値TW1に対応する温度変化量it1を算出する(931c)。この算出のための参照データテーブルには、次の第2表に示すように、電流値TWiに対応する温度変化量itiが書き込まれている。

第2表

電流値TWi (A)	温度変化量iti (°C/200msec)
700	1100
660	666
600	285
550	140
500	80
400	20
300	2
240	0
120	-50
0	-200。

【0051】CPU11は、第1相電流値TW1の値が参照データテーブルの電流値TWi(A)にあるときに

はそれに対応付けられている温度変化量をそのまま読出す。同じ電流値がないときには、直近の2つの電流値とそれらに対応付けられている温度変化量を読出して、内挿法又は外挿法(700Aを越える場合)によって、第1相電流値TW1に対応する温度変化量を算出する(931c)。算出した値をレジスタit1に書込む(931d)。

【0052】第2相電流値TW2および第3相電流値TW3に対応する温度変化量it2およびit3の算出(932、933)の内容も、上述の第1相に関するものと同様である。

【0053】次に、第1相～第3相電流系のいずれかに異常があるかをレジスタFDE1～3のデータから判定し(934)、いずれかが異常であると、センサーエラーを出力(表示)する(935)。いずれも異常でないと、センサーエラー出力を解除(表示リセット)する(936)。

【0054】再度図4を参照する。上述の「温度変化量it1～it3の算出」(93)を終えるとCPU11は、角度センサ1dの検出角度を表わすデータの下位ビット(2値信号:パルス)の立下りに応答して実行するパルス割込処理にて算出しているモータ速度を参照し、それが10rpm以下(低速)かをチェックする(94)。10rpm以下であると各相通電時間が長くしかも通電電流値も高い可能性がある。すなわち温度上昇速度が高いと見込まれる。この場合、個別温度レジスタIT1、IT2およびIT3のデータを、その現在値(200msec前の算出値)ITi(i=1～3)に、今回算出した200msecの間の温度変化量iti(i=1～3)に加算した和ITi+itiと、温度検出値INVTに1000(演算上の定数)を乗算した積のうち、高い方の値を、個別温度レジスタITi(i=1～3)に更新書き込みする(95)。このように算出した推定値のアンダーフローおよびオーバーフローを抑制するために、個別温度レジスタITiのデータ値をチェックして、それが-50000未満であるとレジスタのデータを-50000を示すものに書替え、150000を越えると150000に書替える(96)。そして、個別温度レジスタIT1～IT3のデータの最高値の1/1000を表わすデータを代表温度レジスタIGBTに更新書き込みする(97)。

【0055】以上はモータ速度が10rpm以下の低速であったときのものである。10rpmを越えるとき(以下においては高速と表現する)には、個別温度レジスタIT1～IT3のデータをいずれも温度検出値INVTに1000を乗算した積を更新書き込みする(98)。そしてステップ96と同様に、推定値のアンダーフローおよびオーバーフローを抑制する処理を行ない(99)、この場合には、代表温度レジスタIGBTに温度検出値INVTを更新書き込みする(100)。以

上が200msec周期で実行される割込処理の内容である。

【0056】上述の割込処理を許可(図2の65)するとCPU11は、図3に示す、SRモータの定常制御に進み、以降、イグニッションキースイッチVScがオフに切替わるまで、ステップ52-53-54-図3の66-74-図2の52-...と、定常制御ループをめぐり、この間上述の割込処理を200msec周期で繰返す。

【0057】図3のステップ66では、ステップ52で検出した状態に何らかの変化があった場合には、ステップ66からステップ67に進む。変化がない時には、ステップ66からステップ68に進む。

【0058】ステップ67では、ステップ52で検出した各種状態に基づいて、SRモータ1の所要駆動方向(指定方向)を決定し、駆動トルクの目標値を決定する。例えば、アクセル開度センサによって検出されたアクセル開度が増大した時には、駆動トルクの目標値も増大する。また、ここで目標トルクの変化を示すトルク変更フラグをセットする。

【0059】ステップ68では、SRモータ1の回転速度を算出する。この実施例では、角度センサ1dの角度検出データ(11ビット)のビットデータがSRモータの回転子の回転に応じて変化し、その変化周期が回転速度に逆比例するので、CPU11は、下位ビットの変化周期をパルス割込処理で測定し、ステップ68で測定した周期に基づいてモータ回転速度を算出する。算出した回転速度のデータは内部メモリに保存する。

【0060】SRモータ1の回転速度に変化がある時には、ステップ69からステップ71に進み、回転速度に変化がなければステップ70に進む。ステップ70では、トルク変更フラグの状態を調べ、フラグがセットされている時、即ち目標トルクの変化がある時には、ステップ71に進み、トルクに変化がない時には、代表温度レジスタIGBTのデータに対応する電流補正係数Ktを算出し(74a)、算出した係数を、電流コントローラ1～3に与えるために算出(73)し保持している目標電流値に乗算し、得た積データを電流コントローラ1～3に与えて(74b)、ステップ52に戻る。

【0061】ステップ71では、図示しない電流マップメモリからデータを入力し、次のステップ72では、図示しない波形マップメモリからデータを入力する。この実施例では、電流マップメモリ及び波形マップメモリは、予め様々なデータを登録した読み出し専用メモリ

(ROM)で構成してある。電流マップメモリには、様々な目標トルクと様々な回転数(モータの回転速度)のそれぞれに対応付けられた多数のデータCnm(n:トルクに対応する列の数値、m:回転数に対応する行の数値)が保持されており、データCnmの1組には、通電オン角度、通電オフ角度、及び電流目標値が含まれている。例えば、トルクが20[N・m]で回転数が500[rpm]の時のデータC34の内容は、52.5度、

82.5度及び200[A]（目標電流値）である。即ち、0～90度の回転位置の範囲内において、特定のコイルに52.5～82.5度の範囲で200Aの電流を流し、0～52.5度の範囲及び82.5～90度の範囲では電流を遮断することを意味する。ステップ71では、その時のトルクと回転数に応じて選択した、Cmnの1組のデータを入力する。

【0062】但し、実際にコイルに流す電流の目標値は、一般的な矩形波状に変化するのではなく、立上り及び立下りが緩やかな波形になる。この波形が、波形マップメモリに基づいて決定される。波形マップメモリには、様々な回転数（モータの回転速度）のそれぞれに対応付けられた多数のデータD1n及びD2n（n：回転数に対応する行の数値）が保持されている。データD1nは立上り所要角度であり、電流を低レベル（0

[A]）から高レベル（例えば200[A]：目標電流値）に立ち上げるまでの回転角度変化量を示している。データD2nは立下り所要角度であり、電流を高レベル（例えば200[A]）から低レベル（0[A]）に立ち下げるまでの回転角度変化量を示している。例えば、電流マップメモリのデータC34を使用する場合、通電オン角度である52.5度よりD1nの角度だけ手前の位置から、電流目標値の立ち上げを開始し、52.5度で100%まで緩やかに立ち上がるように電流目標値の波形を変化させ、通電オフ角度である82.5度よりD2nの角度だけ手前の位置から、電流目標値の立下げを開始し、82.5度で立下げを完了するように、緩やかに電流目標値を変化させる。

【0063】波形マップメモリのデータD1n、D2nは、回転数[rpm]毎に最適な時間（角度）で電流の立上り及び立下りが変化するように予め定めてある。即ち、立上り及び立下りが速すぎると、励磁の切り換え時の磁束の微分値が大きくなり振動及び騒音が大きくなるし、立上り及び立下りが遅すぎると、駆動トルクが著しく低下し駆動効率も低下するので、振動及び騒音を充分に抑制でき、しかも駆動効率の低下も小さくなるような値が、D1n、D2nとして定められる。また特に、D1nに対応する立上り時間とD2nに対応する立下り時間は、いずれも、SRモータ1の固有振動周波数（共振周波数）の半周期よりも大きくなるように定めてある。このようにすると、励磁の切り換え時に生じる振動の周波数が、SRモータ1の固有振動周波数よりも低くなるため、共振が防止され、振動及び騒音レベルの増大が抑制される。

【0064】ステップ72では、その時の回転数によって波形マップメモリ13b上から1組のデータD1n、D2nを選択し、それらのデータをCPU11に入力する。例えば、回転数[rpm]が500の時には、データD14及びD24を選択して入力する。

【0065】次のステップ73では、ステップ71で入

力したデータCnm及びステップ72で入力したデータD1n、D2nに基づいて、通電マップデータを生成しこの電流値データにステップ74の補正処理を加え、この最新の通電マップによって、電流波形成成回路15のメモリ15a、15b、15cのデータを更新（書き替え）する。勿論、第1相分の通電マップデータを電流波形成成回路15のメモリ15a、15b、15cに書き込むだけでなく、3相全てについて、それぞれ通電マップを作成し、それぞれにステップ74の補正処理を加えて、各相分を各相の電流波形成成回路に書き込む。

【0066】実際には、次のようにして通電マップを作成する。第3相の場合、データCnmに含まれている通電オン角度Aonから立上り所要角度D1nを引いた角度位置A1の電流目標値を0、通電オン角度Aonの位置をCnmに含まれている電流目標値（例えば200[A]）とし、角度位置A1とAonの間では、その間を滑らかに立上る曲線で結ぶように、データを補間する。即ち、ロータ角度の0.5度毎に前記曲線に近似する値を計算して求め、それを各々の角度における電流目標値とする。同様に、データCnmに含まれている通電オフ角度Aoffから立下り所要角度D2nを引いた角度位置A2では電流目標値をCnmに含まれている電流目標値（例えば200[A]）とし、通電オフ角度Aoffの位置の電流目標値を0とし、角度位置A2とAoffの間では、その間を滑らかに立下る曲線で結ぶように、データを補間する。即ち、ロータ角度の0.5度毎に前記曲線に近似する値を計算して求め、それを各々の角度における電流目標値とする。上記以外の角度位置には、0を電流目標値として書き込む。

【0067】また、第1相及び第2相については、第3相の通電マップのデータを、それぞれ30度及び60度ずらしたものをそのまま用いる。

【0068】この実施例では、各相電流波形成成回路に書込まれている通電マップに基づいて電気コイル1aに流れる電流が制御されるので、CPU11が各相電流波形成成回路に通電マップを書き込むだけで、それに従うように、各コイルの励磁切り換えが、ハードウェア回路により自動的に実施される。各相電流波形成成回路に通電マップを書き込む直前に、代表値レジスタIGBT Tのデータに対応する補正係数Ktが算出され（74a）、通電マップデータに補正係数Ktを乗算した積が、通電マップとして各相電流波形成成回路に書込まれる（74b）。この補正係数Ktは、代表値IGBT Tが90°C以上で0すなわちゲートオフ、70°C未満では1、70°C以上90°C未満では代表値IGBT Tに反比例して1から0に低下する値、となっている。この実施例では90°Cが、従来のゲートオフしきい値に対応するが比較的に高値である。モジュールIPM内のスイッチングトランジスタ18a、18bが熱破壊するおそれがある低速回転で、代表値IGBT Tが、温度

センサT Sの検出温度I N V Tのみならず、200msec周期で推定演算する温度変化量に基づいて更新するモジュール内各相トランジスタ宛ての個別温度推定値I T 1～I T 3に基づいて定まるので、モジュール内温度推定が検出温度I N V Tのみを用いる場合よりも信頼性が高く、70°C以上90°C未満の代表値にて、熱破壊を回避しかつ可及的にモータ通電は確保するモータ駆動が行なわれ、この信頼性が高い。

【0069】再度図2を参照する。ステップ52で読込んだ、イグニションキースイッチV S Cのオン/オフを示す信号V S sが、L（オフ）を示すものに切りかわると、ステップ53からステップ75に進み、ここではレジスタF v s cのデータが1（駆動電源リレーP Rオン）であるので、駆動電源リレーP Rをオフにする（76）。そして駆動電源電圧V p（絶縁電圧変換回路V C Tの出力電圧）が1V未満かをチェックして（77）、1V以上であると、モータは実質上回転させず、しかもコンデンサC a pは150msec内に放電を終わらせるための各相電流目標値を算出して電流波形生成回路に与える（82）。

【0070】そして、上述のモータ通電によりコンデンサC a pの電圧が1V未満になるとCPU11は、各相レジスタに目標電流値0Aを書込み（77、78）、これをコントローラ1～3に与えて通電停止を指示する（79）。そして制御電源リレーC Rをオフにして（80）、レジスタF v s cをクリアし（81）、その後は、イグニションキースイッチV S Cがオンになるのを、ステップ52～53～75～52とめぐって待機する。

【0071】なお、上述の実施例では、電流センサ2～4により電気モータ1の各相コイル1 a～1 cの電流を検出し、この検出電流に基づき温度推定するようにした

が、各相コイル1 a～1 cへの電流コントローラ1～3からの通電指令電流に基づき温度推定する構成で実施することも可能である。この場合、例えば、前述のステップ93の「温度変化量i t 1～3を算出」において、電流値W C 1～W C 3として、ステップ74 b（図3）で電流コントローラ1～3に与えた電流データを用いればよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図2】 図1に示すCPU11の動作概要の一部を示すフローチャートである。

【図3】 図1に示すCPU11の動作概要の残部を示すフローチャートである。

【図4】 図1に示すCPU11が200msec周期で実行するタイム割込処理の内容を示すフローチャートである。

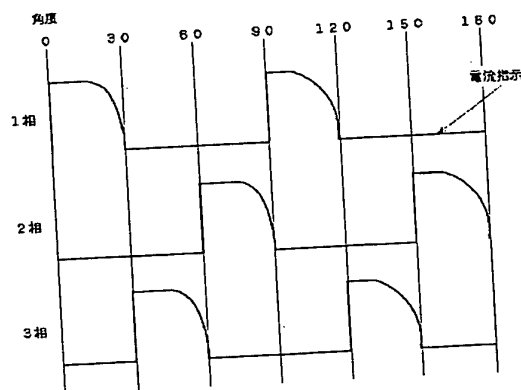
【図5】 図4に示す「温度変化量i t 1～3を算出」（93）の内容を示すフローチャートである。

【図6】 図1に示すSRモータ1を駆動する場合の励磁電流指示の波形例を示すタイムチャートである。

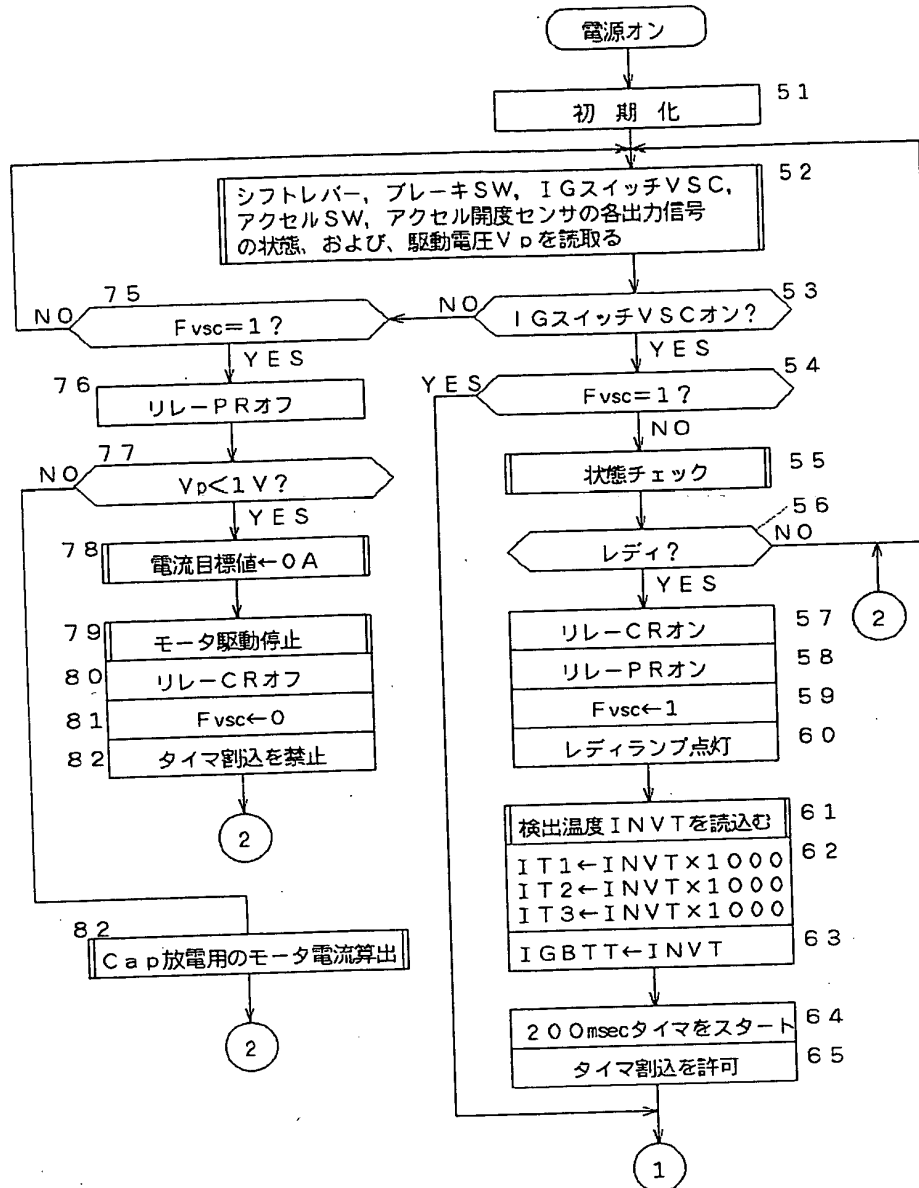
【符号の説明】

1：SRモータ	1 a, 1 b, 1 c：
電気コイル	
1 d：角度センサ	2, 3, 4：電流センサ
11：CPU	14：電源回路
15：電流波形生成回路	17：出力判定回路
18, 19, 20：各相ドライバ	18 a, 18 b：トランジスタ（IGBT）

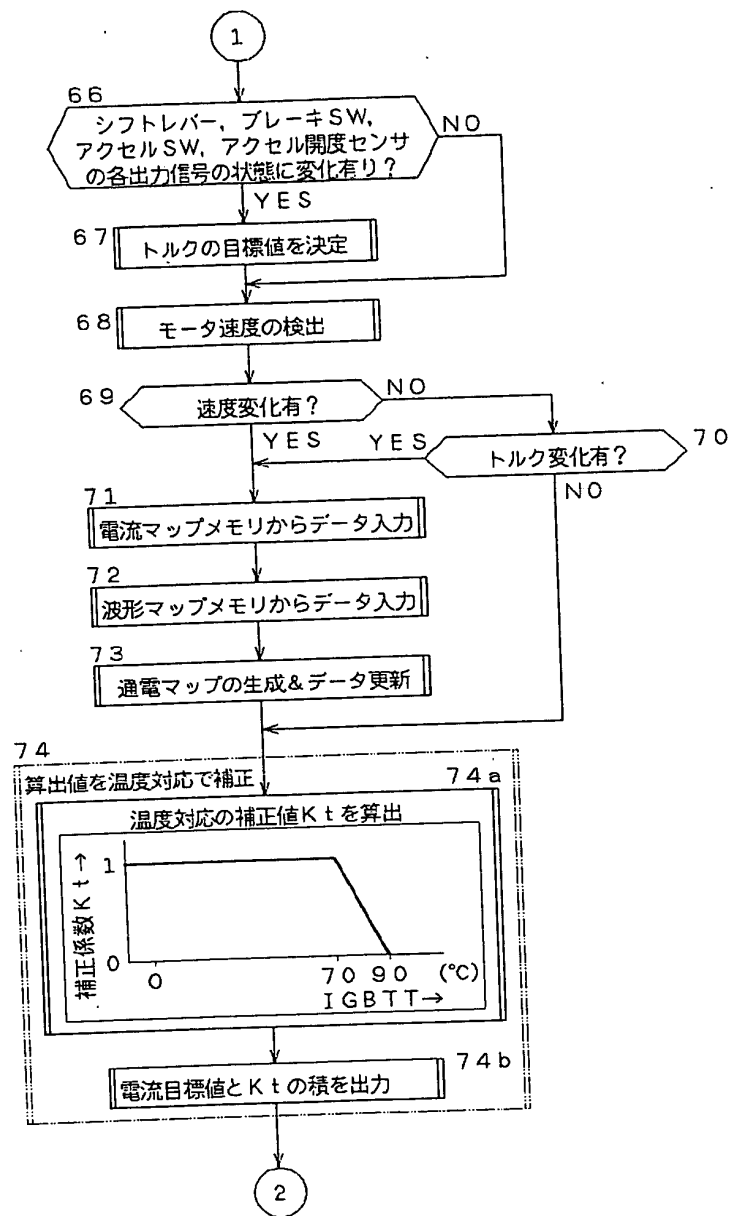
【図6】



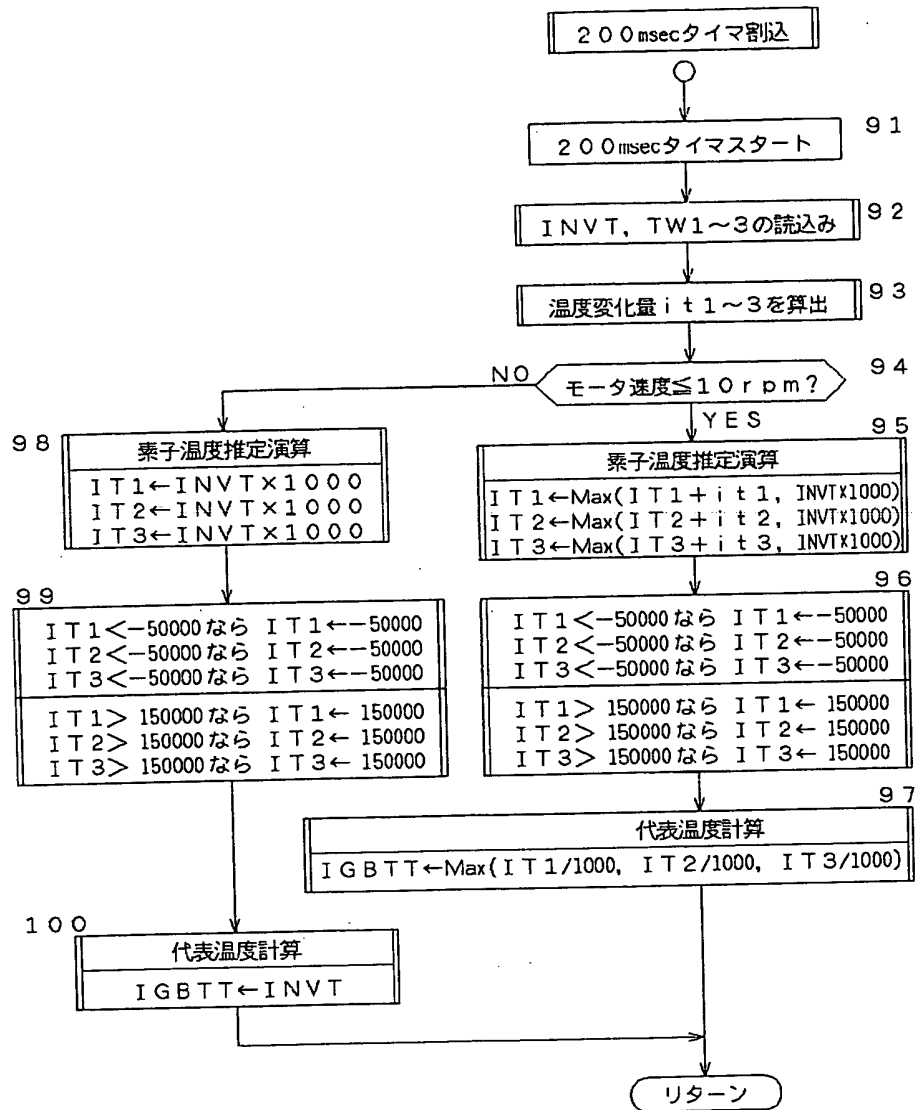
【図2】



【図 3】



【図4】



【図5】

